

(c) 2005 Univentio. All rights reserved.

Reflectoscope for the examination of a workpiece  
Ultraschall-Prufgerat fur die Prufung eines Werkstucks

Patent Applicant/Assignee:

Agfa NDT GmbH, 50354 Hurth, DE

Inventor(s):

Buschke Paul, 50354 Hurth, DE

Kirchner Bernd, 50374 Erftstadt, DE

Patent and Priority Information (Country, Number, Date):

Patent:

DE 10247257

A1

20040422

Application:

DE 10247257

20021010

Priority Application:

DE 10247257 20021010

(DE 10247257)

Main International Patent Class: G01N-029/10

Publication Language: German

Fulltext Word Count (English): 4421

Fulltext Word Count (German) : 3644

Fulltext Word Count (Both) : 8065

Abstract (English machine translation)

The invention refers to a reflectoscope for the non destructive examination of a workpiece. The reflectoscope points a transmission receipt probe, which exhibits a coupling means for coupling to an entrance surface of the workpiece, a transmitter, which is connected with the probe and which produces and to the probe delivers transmission impulses, a receiver, that are connected with the probe, and a monitor, to that with the receiver is connected for the representation from electrical echo signals, which became to receive from the receiver, up. The probe delivers ultrasonic impulses, which are reflected on the one hand at the entrance surface and to the probe to run back and on the other hand into the workpiece penetrate, where they are at least once reflected at a rear wall of the workpiece. The reflectoscope exhibits additionally for the representation of the received electrical echo signals a bar line display, on which at least one signal value is represented in real time, which from one of the following echo signals is derived: entrance echo reflected at the entrance surface, at least one rueckwandecho and/or a signal calculated by several rueckwandechos.

Abstract (German)

Die Erfindung bezieht sich auf ein Ultraschall-Prufgerat fur die zerstorungsfreie Prufung eines Werkstucks. Das Ultraschall-Prufgerat weist einen Sende-Empfangs-Prufkopf, der ein Ankopplungsmittel zur Ankopplung an eine Eintrittsflache des Werkstucks aufweist, einen Sender, der mit dem Prufkopf verbunden ist und der Sendeimpulse erzeugt und an den Prufkopf abgibt, einen Empfanger, der mit dem Prufkopf verbunden ist,

und einen Monitor, der mit dem Empfänger verbunden ist zur Darstellung von elektrischen Echosignalen, die vom Empfänger empfangen wurden, auf. Der Prüfkopf gibt Ultraschallimpulse ab, die einerseits an der Eintrittsfläche reflektiert werden und zum Prüfkopf zurücklaufen und die andererseits in das Werkstück eindringen, wo sie an einer Rückwand des Werkstücks mindestens einmal reflektiert werden. Das Ultraschall-Prüfgerät weist zusätzlich zur Darstellung der empfangenen elektrischen Echosignale eine Balkenanzeige auf, auf der mindestens ein Signalwert in Echtzeit dargestellt ist, der von einem der folgenden Echosignale abgeleitet ist: das an der Eintrittsfläche reflektierte Eintrittsecho, mindestens ein Rückwandecho und/oder ein aus mehreren Rückwandechos errechnetes Signal.

Description (English machine translation)

Description

The invention refers to a reflectoscope for the non destructive examination of a workpiece, the reflectoscope has a transmission receipt probe, which exhibits a coupling means for coupling to an entrance surface of the workpiece, a transmitter, which is connected with the probe and which produces and to the probe delivers transmission impulses, a receiver, that are connected with the probe, and a monitor, that with the receiver is connected for the representation of electrical echo signals, which became to receive from the receiver. The probe delivers ultrasonic impulses, which are reflected on the one hand at the entrance surface and to the probeto run back and on the other hand into the workpiece penetrate, where they are at least once reflected at a rear wall of the workpiece.

For those examination of a workpiece by ultrasonic suitable testing sets are well-known without destruction. Completely generally one refers to the DE book J. and. H. Krautkraemer, Werkstoffprüfung with ultrasonic, fourth edition. After the pulse echo method one works. The probe delivers preferably periodically ultrasonic impulses and receives thereafter echo signals of these delivered ultrasonic impulses. Generally the echo signal of the entrance surface is a particularly strong signal, which exceeds the further echo signals. The further echosignals originate from the workpiece and in particular from the rear wall of the workpiece, where they are at least once reflected. To that extent the test procedure for workpieces is suitable, whose entrance surface runs essentially parallel to the rear wall, so that it comes to the training of several and courses of events of the ultrasonic impulse in the workpiece. This is for example given with the examination of spot welded sheet metal connections by ultrasonic.

The received echo signals are represented on the monitor. The representation generally takes place as so-called A-picture, with which over the time axis the voltage levels of the received echo signals are represented. With repeated and courses of events between entrance surface and rear wall one receives a consequence of gleichabständiger echo signals, whose amplitude decreases with increasing time generally.

The ultrasonic testing of the kind initially specified can serve of determining only the wall thickness between entrance surface and rear wall. In addition, it can for it serve to determine the quality a spot welding connection or seize defects. In all these cases it is necessary that information about the quality of the coupling of the probe is

present to the entrance surface and preferably also information about the quality of the echo sequence.

With the examination of spot welding connections of a motor vehicle body one would like to achieve a high test speed. If one wants to examine all spotwelds of a body, typically two until three thousand points must be examined. For each individual point it must be safe that the coupling is good and as alsoas possible the echo sequence in sufficient quality is present.

With the reflectoscopes after the state of the art it is expressed according to experience difficult, both on good coupling, topay attention and to good echo sequences. High demands are made against the examiner, who serves the reflectoscope. Only experienced and well trained examiners recognize good coupling and good rear wall echo sequence and as also as possible a flaw echo sequence from a A-picture both.

Beyond that the ultrasonic parameters, like speed of sound, must be stopped probe advance, reinforcement, picture beginningand display width in every detail. Finally the condition of the sheet metal connection, so in particular the individual connected sheet metals, has the thickness of everyone the number of sheet metal connections, the schallschwaechung in the material and in the weld point an effect on the inspection result, thus on the A-picture.

With proceeding in accordance with the state of the art anexaminer an ultrasonic probe couples spot welding connection which canbe tested to one and moves the probe in at least two solid angles and absolutely in relation to the spotweld until a good rear wall écho sequence is reached with sufficiently good entrance signal. It moves the probe, until it receives a sufficiently good A-picture, one speaks so long here of a "Zuechten of a good A-picture".

Here the invention begins. It made it it's duty to facilitate and give to the examiner a reflectoscope to the hand the work of the examiner that it clear statements about quality of a coupling and an echo sequence gives, without it must pay attention to details in the A-picture.

On the basis of the reflectoscope of the kind initially specified this task is solved by it that the reflectoscope exhibits a bar line display additionally for the representation of the received electrical echo signals, on which at least one signal value in real time is represented, which from one of the following echo signals is derived: Entrance echo reflected at the entrance surface, at least one rueckwandecho and/or a signal calculated by several rueckwandechos.

The bar line display spends at least one signal value, foreexample a signal value on the entrance echo or a signal value on the quality of a rear wall echo sequence. In the latter case over several rear wall echo signals an evaluation is accomplished and a signal value is spent, which is calculated by rueckwandechos by an averaging over several signals.

The representation at least of the signal value on the barline display permits a direct qualitative statement over the respective at least one signal value. With the practical examination the examiner can essentially concentrate on the A-picture and keep besides the bar line display in the eye, he needs to the bar line display not its full attention to give. The

bar line display shows information, which is contained in the A-picture in principle also. The appropriate statements are however now represented over the bar line display better for the examiner detectably and more clearly. Details of the A-picture are emphasized in the bar line display well recognizable and in particular coloured fast detectably. This simplifies the ultrasonic testing and helps in particular to receive the attention of the examiner also in the long term.

The bar line display changes with the &ldquo;Zuechten of a good A-picture 'just like the A-picture in real time. This means that the examiner receives directly after each new adjustment of the probe that to the selected orientation of the Pruefkupfes associated ultrasonic signal. If with the new orienting the coupling conditions change, this will settle also directly in another bar line display.

Preferably with the bar line display not only a signal value is indicated but represented two or three signal values. The different signal values are represented by different colors, for example by the colors of a traffic light or other well distinguishable colors, as for example yellow, green, blue. The bar line display is selected sufficiently broadly, so that it can be well recognized. Typical widths are with at least 10mm, preferably to 20 to 30 mm. In addition, the bar line display can be a separate announcement, for example a narrow, oblong color LCD, it can a strip be, which is left blank by a display unit, how she is used for the A-picture, so that A-picture and bar line display appear next to each other on the same monitor surface. Beside LCD displays also different color monitors worked, for example plasma displays.

In principle the bar line display from a row can be developed light emitting diodes. Light emitting diodes of different color are used, in order to be able to realize several bar line displays next to each other. However the representation of different signal values is preferred by different colors one above the other.

The evaluation of the signal sequence of the A-picture is not the subject of the available registration. The subject of the available registration is an assistance of the examiner with the &ldquo;Zuechten of a good A-picture 'by the announcement in bar form. Such announcements are today common with HiFi devices, mobile telephones and in the range of the presentation diagram, as them can be provided for example in a computer.

In preferential execution a signal value of the bar line display of the quality of the entrance echo is assigned to the invention. A good coupling is a primary condition for a good ultrasound measurement. A good coupling is present then, if the entire bar line display is visibly illuminated, thus a signal value of 100% is present. The further signal values are selected smaller than 100%, so that a sufficiently good coupling remains always recognizable and the further signal values on the same display area to be represented to be able.

An overlaid bar in another colors is consulted than second signal value for the quality of the rear wall echo sequence. The height of the bar is a measure for the quality of the rear wall echo sequence. Reached or the bar crosses an evaluation threshold which can be specified by the adjuster, e.g. a sufficient quality is given 60 % or 80 % to the rear wall echo sequence. The associated A-picture can be used then for the evaluation of the spot welding connection. Additionally still another

third color bar can be represented, again smaller is than the color bar of the signal value for the quality of the rear wall echo sequence. This third color bar can make for example about the quality of the flaw echo sequence a statement. Since it always remains underneath the bar of the rear wall echo sequence, also it is well recognizable for itself. It turned out in the practical attemptsthat three overlaid bars of only one bar line display are very well recognized by an examiner.

In preferential further training the bar line display if possible close at the monitor is arranged or part of the monitor. In this way a good allocation to the A-picture is possible for the examiner; without he must give its full attention to the barline display.

Preferably the bar line display runs transverse to the time axis of the A-picture on the monitor. Preferably the bar line display is aligned also equal highly as the monitor and parallel to the monitor, thus the signal values rise on the bar line display inequivalent direction as the electrical tensions of the signals of the A-picture.

Further advantages and characteristics of the invention donot result from the remaining requirements as well as the following description of remark examples of the invention which can be understood restrictivly, which are more near described with reference to the design in the following. In this design show:

Fig. 1: A representation in principle of a reflectoscope after the invention,

Fig. 2: A representation in principle such as Fig. 1, however in variation in type and now without probe and workpiece,

Fig. 3: A representation such as Fig. 2 for a third execution of the testing set,

Fig. 4: A representation in principle of an echo sequence similarly the picture in Fig. 1, as it appears typically on a monitor, and

Fig. 5: A representation in principle of an echo sequence without entrance echo and for rueckwandechos, like it typically on a monitor appears, for the explanation of the procedure to the normalization of an echo sequence.

In a housing 20 of a reflectoscope a monitor 22 is arranged, it concerns for example a LCD monitor. Directly besideit and parallel to it a bar line display 24 is arranged. Also it is a LCD display. The bar line display 24 has the same elevator dimension as the monitor 22. The bar line display 24 is narrow, their width dimension lies between 10 and 20 mm. As the monitor 22 is also the bar line display 24 essentially limited by a rectangle.

At the housing a transmission receipt probe 26 is attachedover a not represented patch cord. Its structure is in principlewell-known, is referred for example to the DE book initially specified. It has a coupling means 28 at its front-lateral end. The coupling means 28 is here implemented as a water-filled chamber, which is limited for Latexfilm by a thin plastic film, for example. The coupling means 28 is at the same time an advance distance. The coupling means 28 makes it possible that

direct contact is reached to a workpiece 30 without inclusion by bubbles and such a thing.

The workpiece 30 is here a section metal sheet, the workpiece can also a connection of two steel sheets by spot welding etc. be. The workpiece 30 has an entrance surface 32, which are with the coupling means 28 in contact, and a rear wall 34.

Finally a transmitter 36 and a receiver 38 are accommodated in the housing. Both are connected with the probe 26. The transmitter delivers periodically transmission impulses, which arrange the probe 26, brief ultrasonic impulses delivers. The individual ultrasonic impulses run by the coupling means 28. A part of each impulse is reflected generally at the entrance surface 32 and arrives temporal as entrance echo 40 before further signals in the receiver. The receiver is connected with the monitor 22. On the monitor the appropriate signal of the entrance echo 40 is recognizable.

A part of each ultrasonic impulse penetrates generally into the workpiece and at

the rear wall 34 is reflected. Generally, it can after unique reflection at the rear wall again by the entrance surface 32 into the probe 26 continues to themselves divide in addition, arrive, it at the entrance surface 32 is partly reflected. Typically in-repeatedly runs back and forth within workpiece arises 30. This leads echo sequence of so-called rear wall echo signals to an echo sequence, i.e., on the monitor is the first rueckwandecho 41, the second rueckwandecho 42, the third rueckwandecho 43 etc.. 44, 45 represented.

Beyond that a part of the ultrasonic impulse penetrated into the workpiece is reflected also at defects, if such are present. An example of a fehlstellenecho is represented with 50.

On the monitor 22 a so-called A-picture is represented, that in Fig. 4 in similar form again for itself is represented. Over the time axis T in seconds (as x axis) the voltage level U is laid on in volts of the received signals on the y axis.

On the bar line display 24 information, which indicates also the A-picture of the monitor to 22, is shown. Altogether three signal values on the bar line display 24 are one above the other represented. The representation of these signal values is to be seized well for an examiner. The signal values are individually for itself represented, which appropriate information of the A-picture does not have aufwaendig by the examiner from the A-picture is picked out, but as bars are represented directly. The bar line display 24 serves thus the purposeful representation of selected information from the A-picture. Are represented a signal value 60 over the quality of the entrance echo, a signal value 62 over the quality of the rear wall echo sequence and a signal value 64 over the goods of the flaw echoes. The sequence of these three signal values results in also at the same time their hierarchy and/or their priorityon. To that extent the quality of the entrance echo is the most important statement, a condition for a good coupling is a sufficientlyhigh entrance echo. The appropriate signal value of the entranceecho 60 is yellow represented. A sufficiently good coupling is given if the entrance echo is appropriate above 100 %. This means that in the A-picture the entrance echo runs beyond the upper edge of the monitor, how this is also actual in the A-picture the case.

The signal value 62 for the quality of the rear wall echo sequence is green represented. It remains below 100 %, so that the yellow signal value of the entrance echo 60 remains always visible. In the remark example shown the signal value 62 lies with approximately 86 %. the height of the appropriate signal value is a measure for the quality of the rear wall echo sequence. Reached or if the green bar crosses an evaluation threshold which can be specified by the adjuster, is an optimal coupling and breeding the rear wall echo sequence reaches. The appropriate A-picture can be passed on for evaluation to the computer.

Finally still another blue bar is represented, the appropriate signal value of the quality of the flaw echoes 64 has a relatively small value, it remains below the other signal values 60, 62. In the representation shown the signal value 64 lies with approximately 14 %.

In this way it is possible, three signal values 60 to represent 62 and 64 on the same bar line display 24 one above the other. The voltage levels for the signal values 60, 62 and 64 are received as follows: In the receiver 38 a screen 66 for the entrance echo 40 is planned. This screen 66 can be shifted at will. It is in-adjusted in such a way by examiner that the entrance echo falls into the screen 66. The entrance echo received from each individual ultrasonic impulse leads it to a voltage level in the receiver, falls into the range of the screen 66, then it is brought to 24 as signal value 60 of the entrance echo on the bar line display to the announcement. Preferably the bar line display has a scaling like the monitor 22 toward its y axis, thus the voltage level. In this way the electrical voltage level of the entrance echo can be represented directly (and so far he into the screen 66 falls) on the bar line display 24.

For the Rueclcwandechos 41, 42.... 45 is at least one screen 68 intended, preferably are assigned individual rueckwandechos individual screens 68. They seize the voltage level of the maximum echospannung. From at least one voltage level, from a any averaging or mathematical treatment of several voltage levels the signal value of the quality of the rear wall echo sequence will preferably receive 62 and as described represented.

In the same way with the flaw echoes will proceed, also this is assigned screens 70.

From the preceding it is evident that the equipment according to invention and in particular also the procedure for the examination of workpieces for a series measurement, accomplished thereby, is suitable. Example of a series measurement is the examination of spot welding connections of motor vehicle bodies. The testing set is in-adjusted first afterwards at a workpiece or few workpieces, accomplished the batch testing.

The height of the individual signal values 60, 62, to adjust 64 can be used to change attitudes of the testing set in particular the reinforcement of the receiver. If for example the signal value of the entrance echo is smaller 60 than 100 %, it can be that the basic reinforcement is too small. It can also be that the coupling is bad. If one determines during the initial attitude of the testing set on series workpieces which can be examined the fact that the signal value of the entrance echo 60 does not reach the value 100 % is too small the basic reinforcement and must be increased accordingly. It can be intended an

automatic gain control, in order to correct the reinforcement.

Likewise an automatic gain control can be intended, in order to affect the reinforcement in such a way to increase in particular that the signal value of the quality of the rear wall echo sequence 62 is appropriate for 80 in a given range, for example plus/minus 15 %. The gain control considers that this range of values is reached. A primary condition is that the value of the entrance echo lies over 100 %.

Fig. another training of the equipment shows 2. The bar line display 24 is now no longer separately implemented and beside the monitor 22, however closely in its proximity; arranged, on the contrary now the bar line display is a part of the surface of the monitor. Between bar line display 24 and remainder monitor is released a narrow free space 72 in form one from above downward current strip, in order to achieve a clear separation, it can e.g. a Fabbalken, blank field or be similar. The free space 72 is not necessary in principle to recognize relieved however the examiner the partitioning of the monitor 22. As is the case for the separate bar line display 24 is also the integrated bar line display in accordance with Fig. 2 right beside the actual monitor arranged.

Fig. a bar line display from three rows of light emitting diodes, arranged next to each other, finally shows 3. The individual signal values 60, 62 and 64 are represented next to each other now no longer one above the other to separate. Therows light emitting diodes have different in each case color, then foreexample the row 74, which represents the signal value of the entrance echo 60, yellow, which represents next row 75 those the signal value of the quality of the Rueckwandehofolge 62, red etc. is.

It is possible, on the bar line displays in accordance with Fig. 1 and Fig. 2 the signal values next to each other, partly overlay or in other form to represent.

In the following still with a normalization of the rear wall echo sequence dealt, for this becomes purchase to Fig. 5 taken.

The normalization of the rear wall echo sequence serves the qualitative evaluation of the development of the rear wall echo amplitudes. It will give a normalization level for the first rueckwandecho, is the appropriate value Nn. The first rueckwandecho has an amplitude RWE (1), smaller is Nn. The difference Nn-RWE amplitude (1) is called normalization difference lp.

Rear wall echo amplitudes directly or more largely 100 % are out-summed up without normalization.

The parameter &ldquo;Normalisierungsniveau Nn 'is a variable and can at will be given and changed. Thereby one has an influence on the scaling of the arithmetic average value, which is indicated as signal value 62, one can these thus more highly or lower fail let. The normalization takes place with the following formulas:  $Lp = Nn - RWEAmplitude(1)$  (1)

During the normalization of the amplitudes of the rueckwandechos starting from the second rueckwandecho the following &ldquo;Amplitudenwerte on 'An(i is set > 1) = RWEAmplitude(i > for 1)+ lp. (3)

To An(3) for example An(3) = RWEAmplitude(4)+ lp apply  
The following normalization is accomplished starting from the second

rueckwandecho:

Over the following equation one obtains the average value of all standardized rueckwandechos, thus the signal value 62

In summary the invention has the following advantages: The testing set according to invention can be used everywhere, where a pronounced echo sequence of the ultrasonic evaluation and/or measurements is needed.

A coupling criterion is reached for the evaluation of the coupling to the workpiece 30, for example with the examination of spotwelding connections. It will receive an additional indicator during the digital wall thickness measurement. In particular is important it here to know whether the signal, which is used for the measurement contains at all a sufficient echo sequence.

Finally by means of the step of the normalization by echo sequences an additional evaluation size is reached.

#### Description (German)

##### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Ultraschall-Prufgerat fur die zerstörungsfreie Prufung eines Werkstucks, das Ultraschall-Prufgerat hat einen Sende-Empfangs-Prufkopf, der ein Ankopplungsmittel zur Ankopplung an eine Eintrittsfläche des Werkstucks aufweist, einen Sender, der mit dem Prufkopf verbunden ist und der Sendeimpulse erzeugt und an den Prufkopf abgibt, einen Empfänger, der mit dem Prufkopf verbunden ist, und einen Monitor, der mit dem Empfänger verbunden ist zur Darstellung von elektrischen Echosignalen, die vom Empfänger empfangen wurden. Der Prufkopf gibt Ultraschallimpulse ab, die einerseits an der Eintrittsfläche reflektiert werden und zum Prufkopf zurücklaufen und die andererseits in das Werkstück eindringen, wo sie an einer Rückwand des Werkstucks mindestens einmal reflektiert werden.

Für die zerstörungsfreie Prufung eines Werkstucks durch Ultraschall sind geeignete Prufgeräte bekannt. Ganz allgemein verwiesen wird auf das DE-Buch J. und H. Krautkramer, Werkstoffprüfung mit Ultraschall, vierte Auflage. Dabei wird nach dem Impuls-Echoverfahren gearbeitet. Der Prufkopf gibt vorzugsweise periodisch Ultraschallimpulse ab und empfängt danach Echosignale dieser abgegebenen Ultraschallimpulse. Im Allgemeinen ist das Echosignal der Eintrittsfläche ein besonders starkes Signal, das die weiteren Echosignale übersteigt. Die weiteren Echosignale stammen aus dem Werkstück und insbesondere von der Rückwand des Werkstucks, wo sie mindestens einmal reflektiert werden. Insoweit ist das Prüfungsverfahren für Werkstücke geeignet, deren Eintrittsfläche im wesentlichen parallel zur Rückwand verläuft, so dass es zur Ausbildung mehrerer Hin- und Hergänge des Ultraschallimpulses im Werkstück kommt. Dies ist beispielsweise bei der Prufung von punktgeschweißten Blechverbindungen durch Ultraschall gegeben.

Die empfangenen Echosignale werden auf dem Monitor dargestellt. Die Darstellung erfolgt allgemein als sogenanntes A-Bild, bei dem über der Zeitachse die Spannungswerte der empfangenen Echosignale dargestellt

werden. Bei mehrfachen Hin- und Hergangen zwischen Eintrittsfläche und Rückwand erhält man eine Folge gleichabstandiger Echosignale, deren Amplitude mit wachsender Zeit im Allgemeinen abnimmt.

Die Ultraschall-Prufung der eingangs genannten Art kann dazu dienen, lediglich die Wandstärke zwischen Eintrittsfläche und Rückwand zu bestimmen.. Sie kann aber auch dazu dienen, die Qualität einer Punktschweissverbindung zu ermitteln oder Fehlstellen zu erfassen. In all diesen Fällen ist es notwendig, dass eine Information über die Qualität der Ankopplung des Prufkopfes an die Eintrittsfläche und vorzugsweise auch eine Information über die Qualität der Echofolge vorliegt.

Bei der Prufung von Punktschweissverbindungen einer Kraftfahrzeugkarosserie möchte man eine hohe Prufgeschwindigkeit erreichen. Wenn man alle Schweisspunkte einer Karosserie prufen will, müssen typischerweise zwei- bis dreitausend Punkte geprüft werden. Für jeden einzelnen Punkt muss sicher sein, dass die Ankopplung gut ist und möglichst auch die Echofolge in ausreichender Qualität vorliegt.

Mit den Ultraschall-Prufgeräten nach dem Stand der Technik ist es erfahrungsgemäß ausgesprochen schwierig, sowohl auf gute Ankopplung, als auch auf gute Echofolgen zu achten. Es werden hohe Anforderungen an den Prüfer, der das Ultraschall-Prufgerät bedient, gestellt. Nur erfahrene und gut ausgebildete Prüfer erkennen aus einem A-Bild sowohl gute Ankopplung als auch gute Rückwandechofolge und möglichst auch eine Fehlerechofolge.

Darüber hinaus müssen die Ultraschallparameter, wie Schallgeschwindigkeit, Prufkopfvorlauf, Verstärkung, Bildanfang und Bildbreite genauestens eingestellt werden. Schliesslich hat die Beschaffenheit der Blechverbindung, so insbesondere die Dicke jedes einzelnen der verbundenen Bleche, die Anzahl der Blechverbindungen, die Schallschwächung im Material und in der Schweisslinse eine Auswirkung auf das Prüfergebnis, also auf das A-Bild.

Beim Verfahren nach dem Stand der Technik koppelt ein Prüfer einen Ultraschallprufkopf an eine zu testende Punktschweissverbindung an und bewegt den Prufkopf in mindestens zwei Raumwinkeln und absolut gegenüber dem Schweisspunkt solange, bis eine gute Rückwandechofolge bei ausreichend gutem Eintrittssignal erreicht wird. Er bewegt den Prufkopf solange, bis er ein ausreichend gutes A-Bild erhält, man spricht hier von einem &ldquo;Zuchten eines guten A-Bildes'.

Hier setzt die Erfindung ein. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Arbeit des Prüfers zu erleichtern und dem Prüfer ein Ultraschall-Prufgerät in die Hand zu geben, dass ihm klare Aussagen über Qualität einer Ankopplung und einer Echofolge gibt, ohne dass er auf Details im A-Bild achten muss.

Ausgehend von dem Ultraschall-Prufgerät der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass das Ultraschall-Prufgerät zusätzlich zur Darstellung der empfangenen elektrischen Echosignale eine Balkenanzeige aufweist, auf der mindestens ein Signalwert in Echtzeit dargestellt ist, der von einem der folgenden Echosignale abgeleitet ist: Das an der Eintrittsfläche reflektierte Eintrittsecho, mindestens ein Rückwandecho und/oder ein aus mehreren Rückwandechos errechnetes Signal.

Die Balkenanzeige gibt mindestens einen Signalwert aus, beispielsweise einen Signalwert für das Eintrittsecho oder einen Signalwert für die Gute einer Rückwandechofolge. Im letzteren Fall wird über mehrere Rückwandechosignale eine Auswertung durchgeführt und ein Signalwert ausgegeben, der aus einer Mittlung über mehrere Signale von Rückwandechos errechnet ist.

Die Darstellung des mindestens einen Signalwertes auf der Balkenanzeige erlaubt eine unmittelbare qualitative Aussage über den jeweiligen mindestens einen Signalwert. Bei der praktischen Prufung kann der Prüfer sich im wesentlichen auf das A-Bild konzentrieren und nebenbei die

Balkenanzeige im Auge behalten, er braucht der Balkenanzeige nicht seine volle Aufmerksamkeit zu schenken. Die Balkenanzeige gibt Informationen wieder, die grundsätzlich auch im A-Bild enthalten sind. Die entsprechenden Aussagen sind aber nun über die Balkenanzeige besser für den Prüfer erfassbar und deutlicher dargestellt. Einzelheiten des A-Bildes werden in der Balkenanzeige gut erkennbar und insbesondere farblich schnell erfassbar hervorgehoben. Dies vereinfacht die Ultraschall-Prufung und hilft insbesondere, die Aufmerksamkeit des Prüfers auch auf Dauer zu erhalten.

Die Balkenanzeige verändert sich beim &ldquo;Zuchten eines guten A-Bildes' ebenso wie das A-Bild in Echtzeit. Dies bedeutet, dass der Prüfer nach jeder neuen Justierung des Prüfkopfes unmittelbar das der gewählten Orientierung des Prüfkopfes zugehörige Ultraschallsignal erhält. Wenn sich beim Neuorientieren die Ankopplungsbedingungen ändern, wird sich dies auch gleich in einer anderen Balkenanzeige niederschlagen.

Vorzugsweise wird mit der Balkenanzeige nicht nur ein Signalwert angezeigt sondern werden zwei oder drei Signalwerte dargestellt. Die unterschiedlichen Signalwerte werden durch unterschiedliche Farben dargestellt, beispielsweise durch die Farben einer Verkehrsampel oder andere gut unterscheidbare Farben, wie beispielsweise gelb, grün, blau. Die Balkenanzeige wird ausreichend breit gewählt, damit sie gut erkannt werden kann. Typische Breiten liegen bei mindestens 10mm, vorzugsweise 20 bis 30 mm. Die Balkenanzeige kann eine separate Anzeige sein, beispielsweise ein schmales, langliches Farb-LCD, sie kann aber auch ein Streifen sein, der von einer Anzeigeeinheit, wie sie für das A-Bild benutzt wird, ausgespart ist, so dass A-Bild und Balkenanzeige auf derselben Monitorfläche nebeneinander erscheinen. Neben LCD-Displays haben sich auch andere Farbmonitore, beispielsweise Plasma-Displays bewahrt.

Grundsätzlich kann die Balkenanzeige aus einer Reihe Leuchtdioden aufgebaut sein. Dabei werden Leuchtdioden unterschiedlicher Farbe benutzt, um mehrere Balkenanzeigen nebeneinander realisieren zu können. Bevorzugt wird aber die Darstellung unterschiedlicher Signalwerte durch unterschiedliche Farben übereinander.

Die Auswertung der Signalfolge des A-Bildes ist nicht Gegenstand der vorliegenden Anmeldung. Gegenstand der vorliegenden Anmeldung ist eine Hilfestellung des Prüfers beim &ldquo;Zuchten eines guten A-Bildes' durch die Anzeige in Balkenform. Derartige Anzeigen sind heute gebräuchlich bei HiFi-Geräten, mobilen Telefonen und im Bereich der Präsentationsgrafik, wie sie beispielsweise in einem Rechner erstellt werden kann.

In bevorzugter Ausfuhrung der Erfindung ist ein Signalwert der Balkenanzeige der Gute des Eintrittsechos zugeordnet. Eine gute Ankopplung ist primare Voraussetzung für eine gute Ultraschallmessung. Eine gute Ankopplung liegt dann vor, wenn die gesamte Balkenanzeige sichtbar ausgeleuchtet ist, also ein Signalwert von 100% vorliegt. Die weiteren Signalwerte werden kleiner als 100% gewählt, so dass eine ausreichend gute Ankopplung immer erkennbar bleibt und die weiteren Signalwerte auf derselben Anzeigefläche dargestellt werden können.

Ein überlagerter Balken in einer anderen Farben wird als zweiter Signalwert für die Gute der Rückwandechofolge herangezogen. Die Höhe des Balkens ist ein Mass für die Gute der Rückwandechofolge. Erreicht oder überschreitet der Balken eine vom Einsteller festzulegende Bewertungsschwelle, z.B. 60 % oder 80 % ist eine ausreichende Qualität der Rückwandechofolge gegeben. Das zugehörige A-Bild kann dann zur Bewertung der Punktschweissverbindung verwendet werden. Zusätzlich kann noch ein dritter Farbbalken dargestellt werden, der wiederum kleiner ist als der Farbbalken des Signalwertes für die Gute der Rückwandechofolge. Dieser dritte Farbbalken kann beispielsweise über die Gute der Fehlerechofolge eine Aussage machen. Da er stets unterhalb des Balkens der Rückwandechofolge bleibt, ist auch er gut für sich erkennbar. Es hat sich in den praktischen Versuchen herausgestellt, dass drei überlagerte Balken einer einzigen Balkenanzeige von einem Prüfer sehr gut erkannt werden.

In bevorzugter Weiterbildung ist die Balkenanzeige möglichst nahe am Monitor angeordnet oder Teil des Monitors. Auf diese Weise ist für den Prüfer eine gute Zuordnung zum A-Bild möglich; ohne dass er der Balkenanzeige seine volle Aufmerksamkeit schenken muss.

Vorzugsweise verläuft die Balkenanzeige quer zur Zeitachse des A-Bildes auf dem Monitor. Vorzugsweise ist die Balkenanzeige auch gleich hoch wie der Monitor und parallel zum Monitor ausgerichtet, dadurch steigen die Signalwerte auf der Balkenanzeige in gleicher Richtung an wie die elektrischen Spannungen der Signale des A-Bildes.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen sowie der nun folgenden Beschreibung von nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen der Erfindung, die unter Bezugnahme auf die Zeichnung im folgenden näher erläutert werden. In dieser Zeichnung zeigen:

Fig. 1: Eine prinzipielle Darstellung eines Ultraschall-Prüfgerates nach der Erfindung,

Fig. 2: Eine prinzipielle Darstellung wie Fig. 1, jedoch in einer anderen Ausführung und nunmehr ohne Prüfkopf und Werkstück,

Fig. 3: Eine Darstellung wie Fig. 2 für eine dritte Ausführung des Prüfgerates,

Fig. 4: Eine prinzipielle Darstellung einer Echofolge ähnlich dem Bild in Fig. 1, wie sie typischerweise auf einem Monitor erscheint, und

Fig. 5: Eine prinzipielle Darstellung einer Echofolge ohne Eintrittsecho und für Rückwandechos, wie sie typischerweise auf einem Monitor

erscheint, zur Erlauterung des Verfahrens der Normalisierung einer Echofolge.

In einem Gehäuse 20 eines Ultraschall-Prüfgerates ist ein Monitor 22 angeordnet, es handelt sich beispielsweise um einen LCD-Monitor.

Unmittelbar neben ihm und parallel zu ihm ist eine Balkenanzeige 24 angeordnet. Auch sie ist ein LCD-Display. Die Balkenanzeige 24 hat die gleiche Hohenabmessung wie der Monitor 22. Die Balkenanzeige 24 ist schmal, ihre Breitenabmessung liegt zwischen 10 und 20 mm. Wie der Monitor 22 ist auch die Balkenanzeige 24 im wesentlichen durch ein Rechteck begrenzt.

Am Gehäuse ist über eine nicht dargestellte Steckverbindung ein Sende-Empfangs-Prüfkopf 26 angeschlossen. Sein Aufbau ist grundsätzlich bekannt, verwiesen wird beispielsweise auf das eingangs genannte DE-Buch. Er hat ein Ankopplungsmittel 28 an seinem frontseitigem Ende. Das Ankopplungsmittel 28 ist hier als eine wassergefüllte Kammer ausgeführt, die durch einen dünnen Kunststofffilm, beispielsweise Latexfilm begrenzt ist. Das Ankopplungsmittel 28 ist zugleich eine Vorlaufstrecke. Das Ankopplungsmittel 28 ermöglicht es, dass direkter Kontakt zu einem Werkstück 30 ohne Einschluss von Luftblasen und dergleichen erreicht wird.

Das Werkstück 30 ist hier ein Teilstück eines Blechplatte, das Werkstück kann auch eine Verbindung zweier Stahlbleche durch Punktschweißung usw. sein. Das Werkstück 30 hat eine Eintrittsfläche 32, die mit dem Ankopplungsmittel 28 in Kontakt ist, und eine Rückwand 34.

Schliesslich sind im Gehäuse ein Sender 36 und ein Empfänger 38 untergebracht. Beide sind mit dem Prüfkopf 26 verbunden. Der Sender gibt periodisch Sendeimpulse ab, die den Prüfkopf 26 veranlassen, kurzzeitige Ultraschallimpulse abzugeben. Die einzelnen Ultraschallimpulse laufen durch das Ankopplungsmittel 28. Ein Teil jedes Impulses wird im allgemeinen an der Eintrittsfläche 32 reflektiert und kommt als Eintrittsecho 40 zeitlich vor weiteren Signalen im Empfänger an. Der Empfänger ist mit dem Monitor 22 verbunden. Auf dem Monitor ist das entsprechende Signal des Eintrittsechos 40 erkennbar.

Ein Teil jedes Ultraschallimpulses dringt im allgemeinen in das Werkstück ein und wird an der Rückwand 34 reflektiert. Es teilt sich im allgemeinen weiter auf, es kann nach einmaliger Reflexion an der Rückwand wieder durch die Eintrittsfläche 32 in den Prüfkopf 26 gelangen, es wird aber auch teilweise an der Eintrittsfläche 32 reflektiert. Dabei tritt typischerweise ein mehrmaliger Hin- und Herlauf innerhalb des Werkstück 30 auf. Dies führt zu einer Echofolge, nämlich Echofolge sogenannter Rückwandechosignale, auf dem Monitor sind das erste Rückwandecho 41, das zweite Rückwandecho 42, das dritte Rückwandecho 43 usw. 44, 45 dargestellt.

Darüber hinaus wird ein Teil des in das Werkstück eingedrungenen Ultraschallimpulses auch an Fehlstellen reflektiert, sofern solche vorliegen. Ein Beispiel für ein Fehlstellenecho ist mit 50 dargestellt.

Auf dem Monitor 22 ist ein sogenanntes A-Bild dargestellt, das in Fig. 4 in ähnlicher Form noch einmal für sich dargestellt ist. Aufgetragen über der Zeitachse T in Sekunden (als x-Achse) ist auf der y-Achse der Spannungswert U in Volt der empfangenen Signale.

Auf der Balkenanzeige 24 sind Informationen, die auch das A-Bild des Monitors 22 anzeigt, wiedergegeben. Insgesamt sind drei Signalwerte auf der Balkenanzeige 24 übereinander dargestellt. Die Darstellung dieser Signalwerte ist gut für einen Prüfer zu erfassen. Die Signalwerte sind einzeln für sich dargestellt, die entsprechende Information des A-Bildes muss nicht aufwendig von dem Prüfer aus dem A-Bild herausgelesen werden, sondern wird unmittelbar als Balken dargestellt. Die Balkenanzeige 24 dient somit der gezielten Darstellung selektierter Information aus dem A-Bild. Dargestellt wird ein Signalwert 60 über die Gute des Eintrittsechos, ein Signalwert 62 über die Gute der Rückwandechofolge und ein Signalwert 64 über die Gute der Fehlerechos. Die Reihenfolge dieser drei Signalwerte ergibt auch gleichzeitig ihre Hierarchie bzw. ihre Priorität an. Insoweit ist die Gute des Eintrittsechos die wichtigste Aussage, Voraussetzung für eine gute Ankopplung ist ein ausreichend hohes Eintrittsecho. Der entsprechende Signalwert des Eintrittsechos 60 ist gelb dargestellt. Eine ausreichend gute Ankopplung ist dann gegeben, wenn das Eintrittsecho oberhalb von 100 % liegt. Dies bedeutet, dass im A-Bild das Eintrittsecho über die Oberkante des Monitors hinaus läuft, wie dies auch tatsächlich im A-Bild der Fall ist.

Der Signalwert 62 für die Gute der Rückwandechofolge ist grün dargestellt. Er bleibt unterhalb von 100 %, so dass der gelbe Signalwert des Eintrittsechos 60 stets sichtbar bleibt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel liegt der Signalwert 62 bei etwa 86 %. Die Höhe des entsprechenden Signalwertes ist ein Mass für die Gute der Rückwandechofolge. Erreicht oder überschreitet der grüne Balken eine vom Einsteller festzulegende Bewertungsschwelle, ist eine optimale Ankopplung und Zuchtung der Rückwandechofolge erreicht. Das entsprechende A-Bild kann zur Auswertung an den Rechner weitergeleitet werden.

Schliesslich ist noch ein blauer Balken dargestellt, der entsprechende Signalwert der Gute der Fehlerechos 64 hat einen relativ kleinen Wert, er bleibt unterhalb der anderen Signalwerte 60, 62. In der gezeigten Darstellung liegt der Signalwert 64 bei etwa 14 %.

Auf diese Weise ist es möglich, drei Signalwerte 60, 62 und 64 auf der selben Balkenanzeige 24 übereinander darzustellen. Die Spannungswerte für die Signalwerte 60, 62 und 64 werden wie folgt erhalten: Im Empfänger 38 wird eine Blende 66 für das Eintrittsecho 40 vorgesehen. Diese Blende 66 kann beliebig verschoben werden. Sie wird von Prüfer so einjustiert, dass das Eintrittsecho in die Blende 66 fällt. Das von jedem einzelnen Ultraschallimpuls erhaltene Eintrittsecho führt zu einem Spannungswert im Empfänger, fällt es in den Bereich der Blende 66, so wird es als Signalwert 60 des Eintrittsechos auf der Balkenanzeige 24 zur Anzeige gebracht. Vorzugsweise hat die Balkenanzeige eine Skalierung wie der Monitor 22 in Richtung seiner y-Achse, also des Spannungswertes. Auf diese Weise kann der elektrische Spannungswert des Eintrittsechos unmittelbar (und soweit er in die Blende 66 fällt) auf der Balkenanzeige 24 dargestellt werden.

Für die Rückwandechos 41, 42, ..., 45 ist mindestens eine Blende 68 vorgesehen, vorzugsweise sind einzelnen Rückwandechos einzelne Blenden 68 zugeordnet. Sie erfassen den Spannungswert der maximalen Echospannung. Aus mindestens einem Spannungswert, vorzugsweise aus einer beliebigen Mittelung oder mathematischen Bearbeitung mehrerer Spannungswerte wird der Signalwert der Gute der Rückwandechofolge 62 erhalten und wie beschrieben dargestellt.

In gleicher Weise wird mit den Fehlerechos verfahren, auch diese sind Blenden 70 zugeordnet.

Aus dem Vorangegangenen ist ersichtlich, dass sich das erfindungsgemasse Gerat und insbesondere auch das damit durchgefuehrte Verfahren zur Prufung von Werkstücken fur eine Serienmessung eignet. Beispiel fur eine Serienmessung ist die Prufung von Punktschweissverbindungen von Kraftfahrzeugkarosserien. Das Prufgerat wird zunächst an einem Werkstück oder wenigen Werkstücken einjustiert, anschliessend wird die Serienprufung durchgefuhrt.

Die Hohe der einzelnen Signalwerte 60, 62, 64 kann dazu benutzt werden, Einstellungen des Prufgerates zu verandern, insbesondere die Verstärkung des Empfängers einzustellen. Wenn beispielsweise der Signalwert des Eintrittsechos 60 kleiner als 100 % ist, kann es sein, dass die Grundverstärkung zu gering ist. Es kann auch sein, dass die Ankopplung schlecht ist. Stellt man bei der anfanglichen Einstellung des Prufgerates auf zu prufende Serienwerkstücke fest, dass der Signalwert des Eintrittsechos 60 den Wert 100 % nicht erreicht, ist die Grundverstärkung zu gering und muss entsprechend erhöht werden. Es kann eine automatische Verstärkungsregelung vorgesehen sein, um die Verstärkung zu korrigieren.

Ebenso kann eine automatische Verstärkungsregelung vorgesehen sein, um die Verstärkung so zu beeinflussen, insbesondere zu erhöhen, dass der Signalwert der Gute der Rückwandechofolge 62 in einem vorgegebenen Bereich, beispielsweise 80 plus/ minus 15 % liegt. Die Verstärkungsregelung berücksichtigt, dass dieser Wertebereich erreicht wird. Primäre Voraussetzung ist, dass der Wert des Eintrittsechos über 100 % liegt.

Fig. 2 zeigt eine andere Ausbildung des Geräts. Die Balkenanzeige 24 ist nun nicht mehr separat ausgeführt und neben dem Monitor 22, jedoch dicht in seiner Nähe, angeordnet, vielmehr ist nun die Balkenanzeige ein Teil der Fläche des Monitors. Zwischen Balkenanzeige 24 und Restmonitor ist ein schmaler Freiraum 72 in Form eines von oben nach unten laufenden Streifens freigelassen, um eine klare Trennung zu erreichen, er kann z.B. ein Fabbalken, Leerfeld oder ähnlich sein. Der Freiraum 72 ist grundsätzlich nicht notig, erleichtert aber dem Prüfer die Unterteilung des Monitors 22 zu erkennen. Wie bei der separaten Balkenanzeige 24 ist auch die integrierte Balkenanzeige gemäß Fig. 2 rechts neben dem eigentlichen Monitor angeordnet.

Fig. 3 schliesslich zeigt eine Balkenanzeige aus drei nebeneinander angeordneten Reihen von Leuchtdioden. Die einzelnen Signalwerte 60, 62 und 64 werden nun nicht mehr übereinander sondern nebeneinander dargestellt. Die Reihen Leuchtdioden haben jeweils unterschiedliche Farbe, so ist beispielsweise die Reihe 74, die den Signalwert des Eintrittsechos 60 darstellt, gelb, die nächste Reihe 75 die den Signalwert der Gute der Rückwandechofolge 62 darstellt, rot usw..

Es ist möglich, auf den Balkenanzeigen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 die Signalwerte nebeneinander, teilweise überlagert oder in anderer Form darzustellen.

Im folgenden wird noch auf eine Normalisierung der Rückwandechofolge eingegangen, hierzu wird Bezug auf Fig. 5 genommen.

Die Normalisierung der Ruckwandechofolge dient der qualitativen Bewertung der Ausprägung der Ruckwandechosamplituden. Es wird ein Normalisierungsniveau für das erste Ruckwandecho vorgeben, der entsprechende Wert ist  $N_n$ . Das erste Ruckwandecho habe eine Amplitude RWE (1), die kleiner ist  $N_n$ . Die Differenz  $N_n - \text{RWE Amplitude}(1)$  wird als Normalisierungsdifferenz  $N_d$  bezeichnet. Ruckwandechoamplituden gleich oder grösser 100 % werden ohne Normalisierung aussummiert.

Der Parameter  $N_n$  ist eine Variable und kann beliebig vorgegeben und verändert werden. Hierdurch hat man einen Einfluss auf die Skalierung des arithmetischen Mittelwertes, der als Signalwert 62 angezeigt wird, man kann diesen also höher oder niedriger ausfallen lassen. Die Normalisierung erfolgt mit folgenden Formeln:  $N_d = N_n - \text{RWE Amplitude}(1)$

(1)

Bei der Normalisierung der Amplituden der Ruckwandechos ab dem zweiten Ruckwandecho werden folgende Amplitudenwerte  $A_n$  angesetzt  $A_n(i > 1) = \text{RWE Amplitude}(i > 1) + N_d$ . (3)

Für  $A_n(3)$  gilt beispielsweise  $A_n(3) = \text{RWE Amplitude}(4) + N_d$

Es wird folgende Normalisierung ab dem zweiten Ruckwandecho durchgeführt:

Über die nachfolgende Gleichung erhält man den Mittelwert aller normierten Ruckwandechos, also den Signalwert 62

Zusammenfassend hat die Erfindung folgende Vorteile: Das erfindungsgemasse Prüfgerät kann überall dort verwendet werden, wo eine ausgeprägte Echofolge der Ultraschallbewertung und/oder -messungen benötigt wird.

Es wird ein Ankoppelkriterium zur Bewertung der Ankopplung an das Werkstück 30 erreicht, beispielsweise bei der Prüfung von Punktschweißverbindungen. Es wird ein zusätzlicher Indikator bei der digitalen Wanddickenmessung erhalten. Insbesondere ist es hier wichtig zu wissen, ob das Signal, das zur Messung verwendet wird, überhaupt eine ausreichende Echofolge enthält.

Schliesslich wird über den Schritt der Normalisierung von Echofolgen eine zusätzliche Bewertungsgrosse erreicht.

#### Claims (English machine translation)

1. Reflectoscope for the non destructive examination of a workpiece (30), the reflectoscope exhibits: - a transmission receipt probe (26), which a coupling means (28) for coupling to an entrance surface (32) the workpiece (30) exhibits, - a transmitter (36), which is connected with the probe and which produces and to the probe delivers transmission impulses, - a receiver (38), is connected to that with the probe and - a monitor (22), that with the receiver (38) is connected for the representation of electrical echo signals (40, 41, 42, 43), which became to receive those from the receiver (38), whereby the probe delivers ultrasonic impulses, on the one hand at the entrance surface (32) are

reflected and to the probe to run back and on the other hand into the workpiece the (30) penetrate, where they at a rear wall (34) of the workpiece (30) are at least once reflected, by it characterized that the reflectoscope exhibits a bar line display (24) additionally for the representation of the received electrical echo signals (40, 41, 42, 43), on the monitor (22), on which at least one signal value in real time is represented, which from one of the following echo signals (40, 41, 42, 43) is derived: The entrance echo (40), reflected at the entrance surface (32), at least one rückwandecho (41) and/or a signal calculated by several rückwandechos (41, 42, 43).

2. Reflectoscope according to requirement 1, by the fact characterized that the workpiece exhibits (30) defects that ultrasonic impulses also at the defects is reflected and that on the bar line display (24) either a selected flaw echo (50) is represented and/or a signal is calculated by echo signals (50) of several defects and on the bar line display (24) to the announcement is brought.

3. Reflectoscope according to requirement 1, by the fact characterized that the bar line display (24) a color representation made possible and that at least two signal values are represented by different colors on the bar line display (24) one above the other.

4. Reflectoscope according to requirement 1, by the fact characterized that the bar line display (24) is directly beside the monitor (22) arranged or that a streifenförmiger range, preferably a boundary region of the monitor (22), when bar line display (24) is used.

5. Reflectoscope according to requirement 1, by the fact characterized that the bar line display (24) is arranged crosswise running to a time axis of the monitor (22).

6. Reflectoscope according to requirement 1, by the fact characterized that the bar line display (24) exhibits a length, which corresponds a transverse dimension of the monitor to (22), which corresponds in particular to the dimension of the monitor (22) toward the indicated voltage levels.

7. Reflectoscope according to requirement 1, by the fact characterized that the bar line display (24) is realized by an color LCD arrangement.

8. num='8'>Ultraschall-Prüfgerät according to requirement 1, by it characterized that the workpiece (30) is compound from at least two sheet metals, with one another those by a spot welding connection are and that the quality of the spot welding connection it is determined soll. Es to follow 2 sheets designs

#### Claims (German)

1. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Werkstucks (30),  
das Ultraschall-Prüfgerät weist auf:
  - einen Sende-Empfangs-Prüfkopf (26), der ein Ankopplungsmittel (28) zur Ankopplung an eine Eintrittsfläche (32) des Werkstucks (30) aufweist,
  - einen Sender (36), der mit dem Prüfkopf verbunden ist und der Sendeimpulse erzeugt und an den Prüfkopf abgibt,
  - einen Empfänger (38), der mit dem Prüfkopf verbunden ist und
  - einen Monitor (22), der mit dem Empfänger (38) verbunden ist zur Darstellung von elektrischen Echosignalen (40, 41, 42, 43), die vom Empfänger (38) empfangen wurden, wobei der Prüfkopf Ultraschallimpulse abgibt, die einerseits an der Eintrittsfläche (32) reflektiert werden und zum Prüfkopf zurücklaufen und

die andererseits in das Werkstück (30) eindringen, wo sie an einer Rückwand (34) des Werkstücks (30) mindestens einmal reflektiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Ultraschall-Prüfgerät zusätzlich zur Darstellung der empfangenen elektrischen Echosignale (40, 41, 42, 43), auf dem Monitor (22) eine Balkenanzeige (24) aufweist, auf der mindestens ein Signalwert in Echtzeit dargestellt ist, der von einem der folgenden Echosignale (40, 41, 42, 43) abgeleitet ist: Das an der Eintrittsfläche (32) reflektierte Eintrittsecho (40), mindestens ein Rückwandecho (41) und/oder ein aus mehreren Rückwandechos (41, 42, 43) errechnetes Signal.

2. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (30) Fehlstellen aufweist, dass die Ultraschallimpulsen auch an den Fehlstellen reflektiert werden und dass auf der Balkenanzeige (24) entweder ein selektiertes Fehlerecho (50) dargestellt wird und/oder ein Signal aus Echosignalen (50) mehrerer Fehlstellen errechnet wird und auf der Balkenanzeige (24) zur Anzeige gebracht wird.

3. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) eine Farbdarstellung ermöglicht und dass mindestens zwei Signalwerte durch unterschiedliche Farben übereinander auf der Balkenanzeige (24) dargestellt sind.

4. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) unmittelbar neben dem Monitor (22) angeordnet ist oder dass ein streifenförmiger Bereich, vorzugsweise ein Randbereich des Monitors (22), als Balkenanzeige (24) verwendet wird.

5. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) quer verlaufend zu einer Zeitachse des Monitors (22) angeordnet ist.

6. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) eine Länge aufweist, die eine Querabmessung des Monitors (22) entspricht, die insbesondere der Abmessung des Monitors (22) in Richtung der angezeigten Spannungswerte entspricht.

7. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) durch eine Farb-LCD-Anordnung realisiert ist.

8. num='8'>Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (30) aus mindestens zwei Blechen zusammengesetzt ist, die durch eine Punktschweissverbindung miteinander verbunden sind und dass die Qualität der Punktschweissverbindung ermittelt werden soll. Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

END OF DOCUMENT



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt



(10) DE 102 47 257 A1 2004.04.22

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 47 257.2

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: G01N 29/10

(22) Anmeldetag: 10.10.2002

(43) Offenlegungstag: 22.04.2004

(71) Anmelder:

Agfa NDT GmbH, 50354 Hürth, DE

(74) Vertreter:

Bauer, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 50968  
Köln

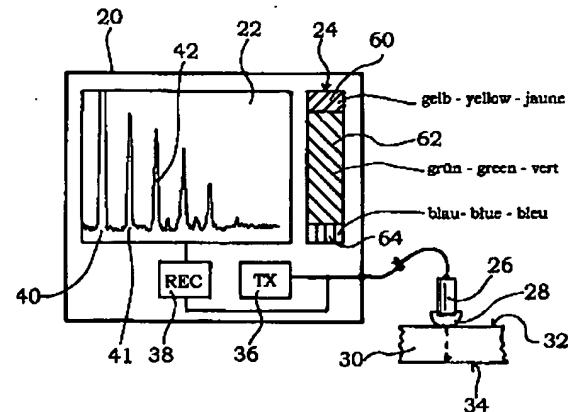
(72) Erfinder:

Buschke, Paul, 50354 Hürth, DE; Kirchner, Bernd,  
50374 Erftstadt, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Ultraschall-Prüfgerät für die Prüfung eines Werkstücks

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Werkstücks. Das Ultraschall-Prüfgerät weist einen Sender-Empfangs-Prüfkopf, der ein Ankopplungsmittel zur Ankopplung an eine Eintrittsfläche des Werkstücks aufweist, einen Sender, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und der Sendelempulse erzeugt und an den Prüfkopf abgibt, einen Empfänger, der mit dem Prüfkopf verbunden ist, und einen Monitor, der mit dem Empfänger verbunden ist zur Darstellung von elektrischen Echosignalen, die vom Empfänger empfangen wurden, auf. Der Prüfkopf gibt Ultraschallimpulse ab, die einerseits an der Eintrittsfläche reflektiert werden und zum Prüfkopf zurücklaufen und die andererseits in das Werkstück eindringen, wo sie an einer Rückwand des Werkstücks mindestens einmal reflektiert werden. Das Ultraschall-Prüfgerät weist zusätzlich zur Darstellung der empfangenen elektrischen Echosignale eine Balkenanzeige auf, auf der mindestens ein Signalwert in Echtzeit dargestellt ist, der von einem der folgenden Echosignale abgeleitet ist: das an der Eintrittsfläche reflektierte Eintrittsecho, mindestens ein Rückwandecho und/oder ein aus mehreren Rückwandechos errechnetes Signal.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Werkstücks, das Ultraschall-Prüfgerät hat einen Sende-Empfangs-Prüfkopf, der ein Ankopplungsmittel zur Ankopplung an eine Eintrittsfläche des Werkstücks aufweist, einen Sender, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und der Sendeimpulse erzeugt und an den Prüfkopf abgibt, einen Empfänger, der mit dem Prüfkopf verbunden ist, und einen Monitor, der mit dem Empfänger verbunden ist zur Darstellung von elektrischen Echosignalen, die vom Empfänger empfangen wurden. Der Prüfkopf gibt Ultraschallimpulse ab, die einerseits an der Eintrittsfläche reflektiert werden und zum Prüfkopf zurücklaufen und die andererseits in das Werkstück eindringen, wo sie an einer Rückwand des Werkstücks mindestens einmal reflektiert werden.

[0002] Für die zerstörungsfreie Prüfung eines Werkstücks durch Ultraschall sind geeignete Prüfgeräte bekannt. Ganz allgemein verwiesen wird auf das DE-Buch J. und H. Krautkrämer, Werkstoffprüfung mit Ultraschall, vierte Auflage. Dabei wird nach dem Impuls-Echoverfahren gearbeitet. Der Prüfkopf gibt vorzugsweise periodisch Ultraschallimpulse ab und empfängt danach Echosignale dieser abgegebenen Ultraschallimpulse. Im Allgemeinen ist das Echosignal der Eintrittsfläche ein besonders starkes Signal, das die weiteren Echosignale übersteigt. Die weiteren Echosignale stammen aus dem Werkstück und insbesondere von der Rückwand des Werkstücks, wo sie mindestens einmal reflektiert werden. Insoweit ist das Prüfungsverfahren für Werkstücke geeignet, deren Eintrittsfläche im wesentlichen parallel zur Rückwand verläuft, so dass es zur Ausbildung mehrerer Hin- und Hergänge des Ultraschallimpulses im Werkstück kommt. Dies ist beispielsweise bei der Prüfung von punktgeschweißten Blechverbindungen durch Ultraschall gegeben.

[0003] Die empfangenen Echosignale werden auf dem Monitor dargestellt. Die Darstellung erfolgt allgemein als sogenanntes A-Bild, bei dem über der Zeitachse die Spannungswerte der empfangenen Echosignale dargestellt werden. Bei mehrfachen Hin- und Hergängen zwischen Eintrittsfläche und Rückwand erhält man eine Folge gleichabständiger Echosignale, deren Amplitude mit wachsender Zeit im Allgemeinen abnimmt.

[0004] Die Ultraschall-Prüfung der eingangs genannten Art kann dazu dienen, lediglich die Wandstärke zwischen Eintrittsfläche und Rückwand zu bestimmen.. Sie kann aber auch dazu dienen, die Qualität einer Punkt-schweißverbindung zu ermitteln oder Fehlstellen zu erfassen. In all diesen Fällen ist es notwendig, dass eine Information über die Qualität der Ankopplung des Prüfkopfes an die Eintrittsfläche und vorzugsweise auch eine Information über die Qualität der Echofolge vorliegt.

[0005] Bei der Prüfung von Punktschweißverbindungen einer Kraftfahrzeugkarosserie möchte man eine hohe Prüfgeschwindigkeit erreichen. Wenn man alle Schweißpunkte einer Karosserie prüfen will, müssen typischerweise zwei- bis dreitausend Punkte geprüft werden. Für jeden einzelnen Punkt muss sicher sein, dass die Ankopplung gut ist und möglichst auch die Echofolge in ausreichender Qualität vorliegt.

[0006] Mit den Ultraschall-Prüfgeräten nach dem Stand der Technik ist es erfahrungsgemäß ausgesprochen schwierig, sowohl auf gute Ankopplung, als auch auf gute Echofolgen zu achten. Es werden hohe Anforderungen an den Prüfer, der das Ultraschall-Prüfgerät bedient, gestellt. Nur erfahrene und gut ausgebildete Prüfer erkennen aus einem A-Bild sowohl gute Ankopplung als auch gute Rückwandechofolge und möglichst auch eine Fehlerechofolge.

[0007] Darüber hinaus müssen die Ultraschallparameter, wie Schallgeschwindigkeit, Prüfkopfvorlauf, Verstärkung, Bildanfang und Bildbreite genauestens eingestellt werden. Schließlich hat die Beschaffenheit der Blechverbindung, so insbesondere die Dicke jedes einzelnen der verbundenen Bleche, die Anzahl der Blechverbindungen, die Schallschwächung im Material und in der Schweißlinse eine Auswirkung auf das Prüfergebnis, also auf das A-Bild.

[0008] Beim Verfahren nach dem Stand der Technik koppelt ein Prüfer einen Ultraschallprüfkopf an eine zu testende Punktschweißverbindung an und bewegt den Prüfkopf in mindestens zwei Raumwinkeln und absolut gegenüber dem Schweißpunkt solange, bis eine gute Rückwandechofolge bei ausreichend gutem Eintrittssignal erreicht wird. Er bewegt den Prüfkopf solange, bis er ein ausreichend gutes A-Bild erhält, man spricht hier von einem „Züchten eines guten A-Bildes“.

[0009] Hier setzt die Erfindung ein. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Arbeit des Prüfers zu erleichtern und dem Prüfer ein Ultraschall-Prüfgerät in die Hand zu geben, dass ihm klare Aussagen über Qualität einer Ankopplung und einer Echofolge gibt, ohne dass er auf Details im A-Bild achten muss.

[0010] Ausgehend von dem Ultraschall-Prüfgerät der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass das Ultraschall-Prüfgerät zusätzlich zur Darstellung der empfangenen elektrischen Echosignale eine Balkenanzeige aufweist, auf der mindestens ein Signalwert in Echtzeit dargestellt ist, der von einem der folgenden Echosignale abgeleitet ist: Das an der Eintrittsfläche reflektierte Eintrittsecho, mindestens ein Rückwandecho und/oder ein aus mehreren Rückwandechos errechnetes Signal.

[0011] Die Balkenanzeige gibt mindestens einen Signalwert aus, beispielsweise einen Signalwert für das Eintrittsecho oder einen Signalwert für die Güte einer Rückwandechofolge. Im letzteren Fall wird über mehrere Rückwandechosignale eine Auswertung durchgeführt und ein Signalwert ausgegeben, der aus einer Mittlung über mehrere Signale von Rückwandechos errechnet ist.

[0012] Die Darstellung des mindestens einen Signalwertes auf der Balkenanzeige erlaubt eine unmittelbare qualitative Aussage über den jeweiligen mindestens einen Signalwert. Bei der praktischen Prüfung kann der Prüfer sich im wesentlichen auf das A-Bild konzentrieren und nebenbei die Balkenanzeige im Auge behalten, er braucht der Balkenanzeige nicht seine volle Aufmerksamkeit zu schenken. Die Balkenanzeige gibt Informationen wieder, die grundsätzlich auch im A-Bild enthalten sind. Die entsprechenden Aussagen sind aber nun über die Balkenanzeige besser für den Prüfer erfassbar und deutlicher dargestellt. Einzelheiten des A-Bildes werden in der Balkenanzeige gut erkennbar und insbesondere farblich schnell erfassbar hervorgehoben. Dies vereinfacht die Ultraschall-Prüfung und hilft insbesondere, die Aufmerksamkeit des Prüfers auch auf Dauer zu erhalten.

[0013] Die Balkenanzeige verändert sich beim „Züchten eines guten A-Bildes“ ebenso wie das A-Bild in Echtzeit. Dies bedeutet, dass der Prüfer nach jeder neuen Justierung des Prüfkopfes unmittelbar das der gewählten Orientierung des Prüfkopfes zugehörige Ultraschallsignal erhält. Wenn sich beim Neuorientieren die Ankopplungsbedingungen ändern, wird sich dies auch gleich in einer anderen Balkenanzeige niederschlagen.

[0014] Vorzugsweise wird mit der Balkenanzeige nicht nur ein Signalwert angezeigt sondern werden zwei oder drei Signalwerte dargestellt. Die unterschiedlichen Signalwerte werden durch unterschiedliche Farben dargestellt, beispielsweise durch die Farben einer Verkehrsamplel oder andere gut unterscheidbare Farben, wie beispielsweise gelb, grün, blau. Die Balkenanzeige wird ausreichend breit gewählt, damit sie gut erkannt werden kann. Typische Breiten liegen bei mindestens 10mm, vorzugsweise 20 bis 30 mm. Die Balkenanzeige kann eine separate Anzeige sein, beispielsweise ein schmales, längliches Farb-LCD, sie kann aber auch ein Streifen sein, der von einer Anzeigeeinheit, wie sie für das A-Bild benutzt wird, ausgespart ist, so dass A-Bild und Balkenanzeige auf derselben Monitorfläche nebeneinander erscheinen. Neben LCD-Displays haben sich auch andere Farbmonitore, beispielsweise Plasma-Displays bewährt.

[0015] Grundsätzlich kann die Balkenanzeige aus einer Reihe Leuchtdioden aufgebaut sein. Dabei werden Leuchtdioden unterschiedlicher Farbe benutzt, um mehrere Balkenanzeigen nebeneinander realisieren zu können. Bevorzugt wird aber die Darstellung unterschiedlicher Signalwerte durch unterschiedliche Farben übereinander.

[0016] Die Auswertung der Signalfolge des A-Bildes ist nicht Gegenstand der vorliegenden Anmeldung. Gegenstand der vorliegenden Anmeldung ist eine Hilfestellung des Prüfers beim „Züchten eines guten A-Bildes“ durch die Anzeige in Balkenform. Derartige Anzeigen sind heute gebräuchlich bei HiFi-Geräten, mobilen Telefonen und im Bereich der Präsentationsgrafik, wie sie beispielsweise in einem Rechner erstellt werden kann.

[0017] In bevorzugter Ausführung der Erfindung ist ein Signalwert der Balkenanzeige der Güte des Eintrittsechos zugeordnet. Eine gute Ankopplung ist primäre Voraussetzung für eine gute Ultraschallmessung. Eine gute Ankopplung liegt dann vor, wenn die gesamte Balkenanzeige sichtbar ausgeleuchtet ist, also ein Signalwert von 100% vorliegt. Die weiteren Signalwerte werden kleiner als 100% gewählt, so dass eine ausreichend gute Ankopplung immer erkennbar bleibt und die weiteren Signalwerte auf derselben Anzeigefläche dargestellt werden können.

[0018] Ein überlagerter Balken in einer anderen Farben wird als zweiter Signalwert für die Güte der Rückwandechofolge herangezogen. Die Höhe des Balkens ist ein Maß für die Güte der Rückwandechofolge. Erreicht oder überschreitet der Balken eine vom Einsteller festzulegende Bewertungsschwelle, z.B. 60 % oder 80 % ist eine ausreichende Qualität der Rückwandechofolge gegeben. Das zugehörige A-Bild kann dann zur Bewertung der Punktschweißverbindung verwendet werden. Zusätzlich kann noch ein dritter Farbbalken dargestellt werden, der wiederum kleiner ist als der Farbbalken des Signalwertes für die Güte der Rückwandechofolge. Dieser dritte Farbbalken kann beispielsweise über die Güte der Fehlerechofolge eine Aussage machen. Da er stets unterhalb des Balkens der Rückwandechofolge bleibt, ist auch er gut für sich erkennbar. Es hat sich in den praktischen Versuchen herausgestellt, dass drei überlagerte Balken einer einzigen Balkenanzeige von einem Prüfer sehr gut erkannt werden.

[0019] In bevorzugter Weiterbildung ist die Balkenanzeige möglichst nahe am Monitor angeordnet oder Teil des Monitors. Auf diese Weise ist für den Prüfer eine gute Zuordnung zum A-Bild möglich, ohne dass er der Balkenanzeige seine volle Aufmerksamkeit schenken muss.

[0020] Vorzugsweise verläuft die Balkenanzeige quer zur Zeitachse des A-Bildes auf dem Monitor. Vorzugsweise ist die Balkenanzeige auch gleich hoch wie der Monitor und parallel zum Monitor ausgerichtet, dadurch steigen die Signalwerte auf der Balkenanzeige in gleicher Richtung an wie die elektrischen Spannungen der Signale des A-Bildes.

[0021] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen sowie der nun folgenden Beschreibung von nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen der Erfindung, die unter Bezugnahme auf die Zeichnung im folgenden näher erläutert werden. In dieser Zeichnung zeigen:

[0022] Fig. 1: Eine prinzipielle Darstellung eines Ultraschall-Prüfgerätes nach der Erfindung,

[0023] Fig. 2: Eine prinzipielle Darstellung wie Fig. 1, jedoch in einer anderen Ausführung und nunmehr ohne Prüfkopf und Werkstück,

[0024] Fig. 3: Eine Darstellung wie Fig. 2 für eine dritte Ausführung des Prüfgerätes,

[0025] Fig. 4: Eine prinzipielle Darstellung einer Echofolge ähnlich dem Bild in Fig. 1, wie sie typischerweise auf einem Monitor erscheint, und

[0026] Fig. 5: Eine prinzipielle Darstellung einer Echofolge ohne Eintrittsecho und für Rückwandechos, wie sie typischerweise auf einem Monitor erscheint, zur Erläuterung des Verfahrens der Normalisierung einer Echofolge.

[0027] In einem Gehäuse 20 eines Ultraschall-Prüfgerätes ist ein Monitor 22 angeordnet, es handelt sich beispielsweise um einen LCD-Monitor. Unmittelbar neben ihm und parallel zu ihm ist eine Balkenanzeige 24 angeordnet. Auch sie ist ein LCD-Display. Die Balkenanzeige 24 hat die gleiche Höhenabmessung wie der Monitor 22. Die Balkenanzeige 24 ist schmal, ihre Breitenabmessung liegt zwischen 10 und 20 mm. Wie der Monitor 22 ist auch die Balkenanzeige 24 im wesentlichen durch ein Rechteck begrenzt.

[0028] Am Gehäuse ist über eine nicht dargestellte Steckverbindung ein Sende-Empfangs-Prüfkopf 26 angeschlossen. Sein Aufbau ist grundsätzlich bekannt, verwiesen wird beispielsweise auf das eingangs genannte DE-Buch. Er hat ein Ankopplungsmittel 28 an seinem frontseitigem Ende. Das Ankopplungsmittel 28 ist hier als eine wassergefüllte Kammer ausgeführt, die durch einen dünnen Kunststofffilm, beispielsweise Latexfilm begrenzt ist. Das Ankopplungsmittel 28 ist zugleich eine Vorlaufstrecke. Das Ankopplungsmittel 28 ermöglicht es, dass direkter Kontakt zu einem Werkstück 30 ohne Einschluss von Luftblasen und dergleichen erreicht wird.

[0029] Das Werkstück 30 ist hier ein Teilstück eines Blechplatte, das Werkstück kann auch eine Verbindung zweier Stahlbleche durch Punktschweißung usw. sein. Das Werkstück 30 hat eine Eintrittsfläche 32, die mit dem Ankopplungsmittel 28 in Kontakt ist, und eine Rückwand 34.

[0030] Schließlich sind im Gehäuse ein Sender 36 und ein Empfänger 38 untergebracht. Beide sind mit dem Prüfkopf 26 verbunden. Der Sender gibt periodisch Sendesignale ab, die den Prüfkopf 26 veranlassen, kurzzeitige Ultraschallimpulse abzugeben. Die einzelnen Ultraschallimpulse laufen durch das Ankopplungsmittel 28. Ein Teil jedes Impulses wird im allgemeinen an der Eintrittsfläche 32 reflektiert und kommt als Eintrittsecho 40 zeitlich vor weiteren Signalen im Empfänger an. Der Empfänger ist mit dem Monitor 22 verbunden. Auf dem Monitor ist das entsprechende Signal des Eintrittsechos 40 erkennbar.

[0031] Ein Teil jedes Ultraschallimpulses dringt im allgemeinen in das Werkstück ein und wird an der Rückwand 34 reflektiert. Es teilt sich im allgemeinen weiter auf, es kann nach einmaliger Reflexion an der Rückwand wieder durch die Eintrittsfläche 32 in den Prüfkopf 26 gelangen, es wird aber auch teilweise an der Eintrittsfläche 32 reflektiert. Dabei tritt typischerweise einmehrmaliger Hin- und Herlauf innerhalb des Werkstück 30 auf. Dies führt zu einer Echofolge, nämlich Echofolge sogenannter Rückwandechosignale, auf dem Monitor sind das erste Rückwandecho 41, das zweite Rückwandecho 42, das dritte Rückwandecho 43 usw. 44, 45 dargestellt.

[0032] Darüber hinaus wird ein Teil des in das Werkstück eingedrungenen Ultraschallimpulses auch an Fehlstellen reflektiert, sofern solche vorliegen. Ein Beispiel für ein Fehlstellenecho ist mit 50 dargestellt.

[0033] Auf dem Monitor 22 ist ein sogenanntes A-Bild dargestellt, das in Fig. 4 in ähnlicher Form noch einmal für sich dargestellt ist. Aufgetragen über der Zeitachse T in Sekunden (als x-Achse) ist auf der y-Achse der Spannungswert U in Volt der empfangenen Signale.

[0034] Auf der Balkenanzeige 24 sind Informationen, die auch das A-Bild des Monitors 22 anzeigen, wiedergegeben. Insgesamt sind drei Signalwerte auf der Balkenanzeige 24 übereinander dargestellt. Die Darstellung dieser Signalwerte ist gut für einen Prüfer zu erfassen. Die Signalwerte sind einzeln für sich dargestellt, die entsprechende Information des A-Bildes muss nicht aufwändig von dem Prüfer aus dem A-Bild herausgelesen werden, sondern wird unmittelbar als Balken dargestellt. Die Balkenanzeige 24 dient somit der gezielten Darstellung selektierter Information aus dem A-Bild. Dargestellt wird ein Signalwert 60 über die Güte des Eintrittsechos, ein Signalwert 62 über die Güte der Rückwandechofolge und ein Signalwert 64 über die Güte der Fehlerechos. Die Reihenfolge dieser drei Signalwerte ergibt auch gleichzeitig ihre Hierarchie bzw. ihre Priorität an. Insoweit ist die Güte des Eintrittsechos die wichtigste Aussage, Voraussetzung für eine gute Ankopplung ist ein ausreichend hohes Eintrittsecho. Der entsprechende Signalwert des Eintrittsechos 60 ist gelb dargestellt. Eine ausreichend gute Ankopplung ist dann gegeben, wenn das Eintrittsecho oberhalb von 100 % liegt. Dies bedeutet, dass im A-Bild das Eintrittsecho über die Oberkante des Monitors hinaus läuft, wie dies auch tatsächlich im A-Bild der Fall ist.

[0035] Der Signalwert 62 für die Güte der Rückwandechofolge ist grün dargestellt. Er bleibt unterhalb von 100 %, so dass der gelbe Signalwert des Eintrittsechos 60 stets sichtbar bleibt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel liegt der Signalwert 62 bei etwa 86 %. Die Höhe des entsprechenden Signalwertes ist ein Maß für die Güte der Rückwandechofolge. Erreicht oder überschreitet der grüne Balken eine vom Einsteller festzulegende Bewertungsschwelle, ist eine optimale Ankopplung und Züchtung der Rückwandechofolge erreicht. Das entsprechende A-Bild kann zur Auswertung an den Rechner weitergeleitet werden.

[0036] Schließlich ist noch ein blauer Balken dargestellt, der entsprechende Signalwert der Güte der Fehlerechos 64 hat einen relativ kleinen Wert, er bleibt unterhalb der anderen Signalwerte 60, 62. In der gezeigten Darstellung liegt der Signalwert 64 bei etwa 14 %.

[0037] Auf diese Weise ist es möglich, drei Signalwerte 60, 62 und 64 auf der selben Balkenanzeige 24 über-einander darzustellen. Die Spannungswerte für die Signalwerte 60, 62 und 64 werden wie folgt erhalten: Im Empfänger 38 wird eine Blende 66 für das Eintrittsecho 40 vorgesehen. Diese Blende 66 kann beliebig verschoben werden. Sie wird von Prüfer so einjustiert, dass das Eintrittsecho in die Blende 66 fällt. Das von jedem einzelnen Ultraschallimpuls erhaltene Eintrittsecho führt zu einem Spannungswert im Empfänger, fällt es in den Bereich der Blende 66, so wird es als Signalwert 60 des Eintrittsechos auf der Balkenanzeige 24 zur Anzeige gebracht. Vorzugsweise hat die Balkenanzeige eine Skalierung wie der Monitor 22 in Richtung seiner y-Achse, also des Spannungswertes. Auf diese Weise kann der elektrische Spannungswert des Eintrittsechos unmittelbar (und soweit er in die Blende 66 fällt) auf der Balkenanzeige 24 dargestellt werden.

[0038] Für die Rückwandechos 41, 42,...45 ist mindestens eine Blende 68 vorgesehen, vorzugsweise sind einzelnen Rückwandechos einzelne Blenden 68 zugeordnet. Sie erfassen den Spannungswert der maximalen Echospannung. Aus mindestens einem Spannungswert, vorzugsweise aus einer beliebigen Mittelung oder mathematischen Bearbeitung mehrerer Spannungswerte wird der Signalwert der Güte der Rückwandechofolge 62 erhalten und wie beschrieben dargestellt.

[0039] In gleicher Weise wird mit den Fehlerechos verfahren, auch diese sind Blenden 70 zugeordnet.

[0040] Aus dem Vorangegangen ist ersichtlich, dass sich das erfundungsgemäße Gerät und insbesondere auch das damit durchgeföhrte Verfahren zur Prüfung von Werkstücken für eine Serienmessung eignet. Beispiel für eine Serienmessung ist die Prüfung von Punktschweißverbindungen von Kraftfahrzeugkarosserien. Das Prüfgerät wird zunächst an einem Werkstück oder wenigen Werkstücken einjustiert, anschließend wird die Serienprüfung durchgeföhr.

[0041] Die Höhe der einzelnen Signalwerte 60, 62, 64 kann dazu benutzt werden, Einstellungen des Prüfgerätes zu verändern, insbesondere die Verstärkung des Empfängers einzustellen. Wenn beispielsweise der Signalwert des Eintrittsechos 60 kleiner als 100 % ist, kann es sein, dass die Grundverstärkung zu gering ist. Es kann auch sein, dass die Ankopplung schlecht ist. Stellt man bei der anfänglichen Einstellung des Prüfgerätes auf zu prüfende Serienwerkstücke fest, dass der Signalwert des Eintrittsechos 60 den Wert 100 % nicht erreicht, ist die Grundverstärkung zu gering und muss entsprechend erhöht werden. Es kann eine automatische Verstärkungsregelung vorgesehen sein, um die Verstärkung zu korrigieren.

[0042] Ebenso kann eine automatische Verstärkungsregelung vorgesehen sein, um die Verstärkung so zu beeinflussen, insbesondere zu erhöhen, dass der Signalwert der Güte der Rückwandechofolge 62 in einem vorgegebenen Bereich, beispielsweise 80 plus/ minus 15 % liegt. Die Verstärkungsregelung berücksichtigt, dass dieser Wertebereich erreicht wird. Primäre Voraussetzung ist, dass der Wert des Eintrittsechos über 100 % liegt.

[0043] Fig. 2 zeigt eine andere Ausbildung des Geräts. Die Balkenanzeige 24 ist nun nicht mehr separat ausgeführt und neben dem Monitor 22, jedoch dicht in seiner Nähe, angeordnet, vielmehr ist nun die Balkenanzeige ein Teil der Fläche des Monitors. Zwischen Balkenanzeige 24 und Restmonitor ist ein schmaler Freiraum 72 in Form eines von oben nach unten laufenden Streifens freigelassen, um eine klare Trennung zu erreichen, er kann z.B. ein Fabbalken, Leerfeld oder ähnlich sein. Der Freiraum 72 ist grundsätzlich nicht nötig, erleichtert aber dem Prüfer die Unterteilung des Monitors 22 zu erkennen. Wie bei der separaten Balkenanzeige 24 ist auch die integrierte Balkenanzeige gemäß Fig. 2 rechts neben dem eigentlichen Monitor angeordnet.

[0044] Fig. 3 schließlich zeigt eine Balkenanzeige aus drei nebeneinander angeordneten Reihen von Leuchtdioden. Die einzelnen Signalwerte 60, 62 und 64 werden nun nicht mehr übereinander sondern nebeneinander dargestellt. Die Reihen Leuchtdioden haben jeweils unterschiedliche Farbe, so ist beispielsweise die Reihe 74, die den Signalwert des Eintrittsechos 60 darstellt, gelb, die nächste Reihe 75 die den Signalwert der Güte der Rückwandechofolge 62 darstellt, rot usw..

[0045] Es ist möglich, auf den Balkenanzeigen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 die Signalwerte nebeneinander, teilweise überlagert oder in anderer Form darzustellen.

[0046] Im folgenden wird noch auf eine Normalisierung der Rückwandechofolge eingegangen, hierzu wird Bezug auf Fig. 5 genommen.

[0047] Die Normalisierung der Rückwandechofolge dient der qualitativen Bewertung der Ausprägung der Rückwandechosamplituden. Es wird ein Normalisierungsniveau für das erste Rückwandecho vorgeben, der entsprechende Wert ist Nn. Das erste Rückwandecho habe eine Amplitude RWE (1), die kleiner ist Nn. Die Differenz Nn-RWE Amplitude (1) wird als Normalisierungsdifferenz Nd bezeichnet.

[0048] Rückwandechoamplituden gleich oder größer 100 % werden ohne Normalisierung aussummiert.

[0049] Der Parameter „Normalisierungsniveau Nn“ ist eine Variable und kann beliebig vorgegeben und verändert werden. Hierdurch hat man einen Einfluß auf die Skalierung des arithmetischen Mittelwertes, der als Signalwert 62 angezeigt wird, man kann diesen also höher oder niedriger ausfallen lassen. Die Normalisierung erfolgt mit folgenden Formeln:

$$Nd = Nn - \text{RWEAmplitude}(1) \quad (1)$$

$$NormAmp(i=1) = \frac{100\% * RWEAmplitude(i=1)}{Nn} \quad (2)$$

[0050] Bei der Normalisierung der Amplituden der Rückwandechos ab dem zweiten Rückwandecho werden folgende „Amplitudenwerte An“ angesetzt

$$An(i > 1) = RWEAmplitude(i > 1) + Nd . \quad (3)$$

[0051] Für An(3) gilt beispielsweise

$$An(3) = RWEAmplitude(4) + Nd$$

[0052] Es wird folgende Normalisierung ab dem zweiten Rückwandecho durchgeführt:

$$NormAmp(i > 1) = \frac{100\% * RWEAmplitude(i > 1)}{An(1+i)} \quad (4)$$

[0053] Über die nachfolgende Gleichung erhält man den Mittelwert aller normierten Rückwandechos, also den Signalwert 62

$$\overline{NormRWE} = \frac{1}{n+m} * \left( \sum_{i=1}^n (RWEAmplitude \geq 100\%) + \sum_{i=1}^m NormAmp(i > 1) \right) \quad (5)$$

[0054] Zusammenfassend hat die Erfindung folgende Vorteile: Das erfindungsgemäße Prüfgerät kann überall dort verwendet werden, wo eine ausgeprägte Echofolge der Ultraschallbewertung und/oder -messungen benötigt wird.

[0055] Es wird ein Ankoppelkriterium zur Bewertung der Ankopplung an das Werkstück 30 erreicht, beispielsweise bei der Prüfung von Punktschweißverbindungen. Es wird ein zusätzlicher Indikator bei der digitalen Wanddickenmessung erhalten. Insbesondere ist es hier wichtig zu wissen, ob das Signal, das zur Messung verwendet wird, überhaupt eine ausreichende Echofolge enthält.

[0056] Schließlich wird über den Schritt der Normalisierung von Echofolgen eine zusätzliche Bewertungsgröße erreicht.

#### Patentansprüche

1. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Werkstücks (30), das Ultraschall-Prüfgerät weist auf:
  - einen Sende-Empfangs-Prüfkopf (26), der ein Ankopplungsmittel (28) zur Ankopplung an eine Eintrittsfläche (32) des Werkstücks (30) aufweist,
  - einen Sender (36), der mit dem Prüfkopf verbunden ist und der Sendeimpulse erzeugt und an den Prüfkopf abgibt,
  - einen Empfänger (38), der mit dem Prüfkopf verbunden ist und
  - einen Monitor (22), der mit dem Empfänger (38) verbunden ist zur Darstellung von elektrischen Echosignalen (40, 41, 42, 43), die vom Empfänger (38) empfangen wurden,
 

wobei der Prüfkopf Ultraschallimpulse abgibt, die einerseits an der Eintrittsfläche (32) reflektiert werden und zum Prüfkopf zurücklaufen und die andererseits in das Werkstück (30) eindringen, wo sie an einer Rückwand (34) des Werkstücks (30) mindestens einmal reflektiert werden,  
 dadurch gekennzeichnet, dass das Ultraschall-Prüfgerät zusätzlich zur Darstellung der empfangenen elektrischen Echosignale (40, 41, 42, 43), auf dem Monitor (22) eine Balkenanzeige (24) aufweist, auf der mindestens ein Signalwert in Echtzeit dargestellt ist, der von einem der folgenden Echosignale (40, 41, 42, 43) abgeleitet ist: Das an der Eintrittsfläche (32) reflektierte Eintrittsecho (40), mindestens ein Rückwandecho (41) und/oder ein aus mehreren Rückwandechos (41, 42, 43) errechnetes Signal.

2. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (30) Fehlstellen aufweist, dass die Ultraschallimpulse auch an den Fehlstellen reflektiert werden und dass auf der Balkenanzeige (24) entweder ein selektiertes Fehlerecho (50) dargestellt wird und/oder ein Signal aus Echosignalen (50) mehrerer Fehlstellen errechnet wird und auf der Balkenanzeige (24) zur Anzeige gebracht wird.

3. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) eine Farbdarstellung ermöglicht und dass mindestens zwei Signalwerte durch unterschiedliche Farben übereinander auf der Balkenanzeige (24) dargestellt sind.

4. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) unmittelbar neben dem Monitor (22) angeordnet ist oder dass ein streifenförmiger Bereich, vorzugsweise ein Randbereich des Monitors (22), als Balkenanzeige (24) verwendet wird.

5. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) quer verlaufend zu einer Zeitachse des Monitors (22) angeordnet ist.

6. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) eine Länge aufweist, die eine Querabmessung des Monitors (22) entspricht, die insbesondere der Abmessung des Monitors (22) in Richtung der angezeigten Spannungswerte entspricht.

7. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Balkenanzeige (24) durch eine Farb-LCD-Anordnung realisiert ist.

8. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (30) aus mindestens zwei Blechen zusammengesetzt ist, die durch eine Punktschweißverbindung miteinander verbunden sind und dass die Qualität der Punktschweißverbindung ermittelt werden soll.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

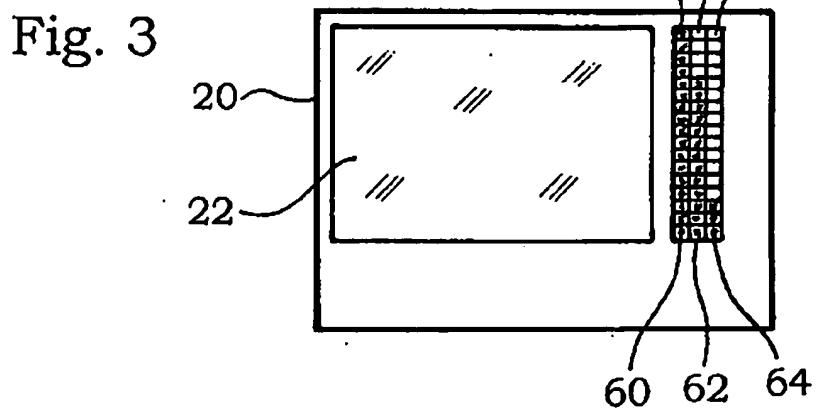
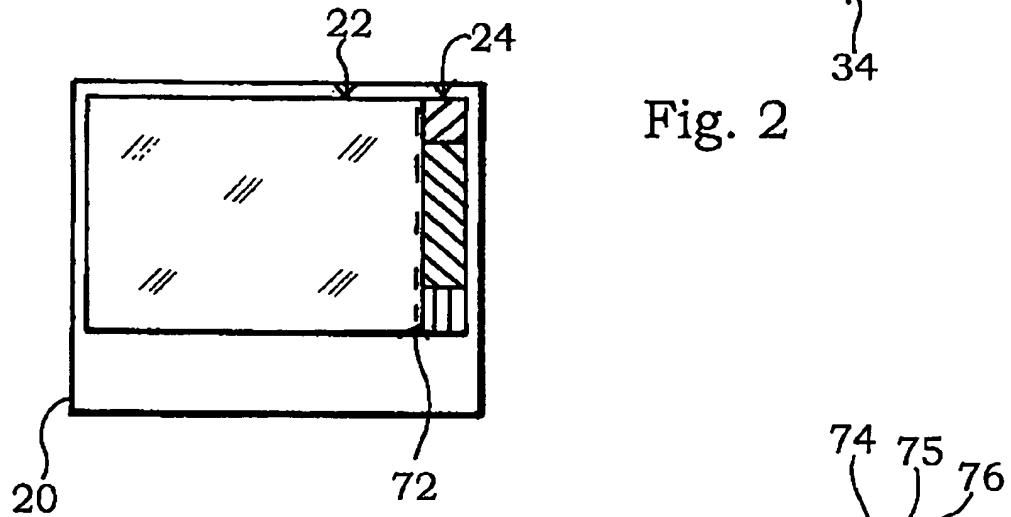
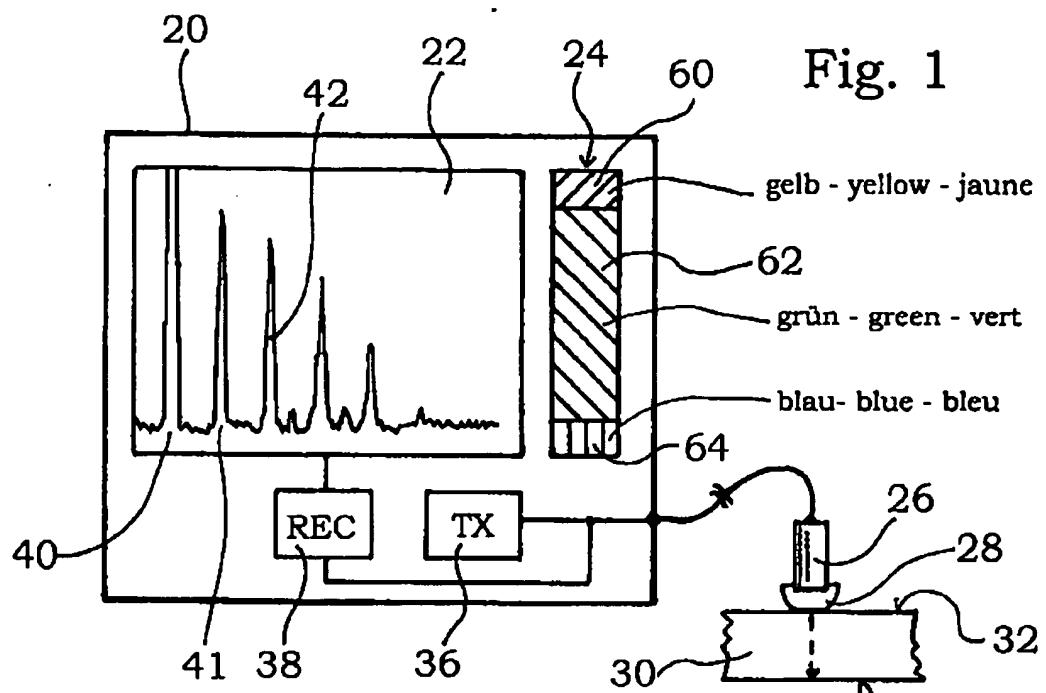


Fig. 4

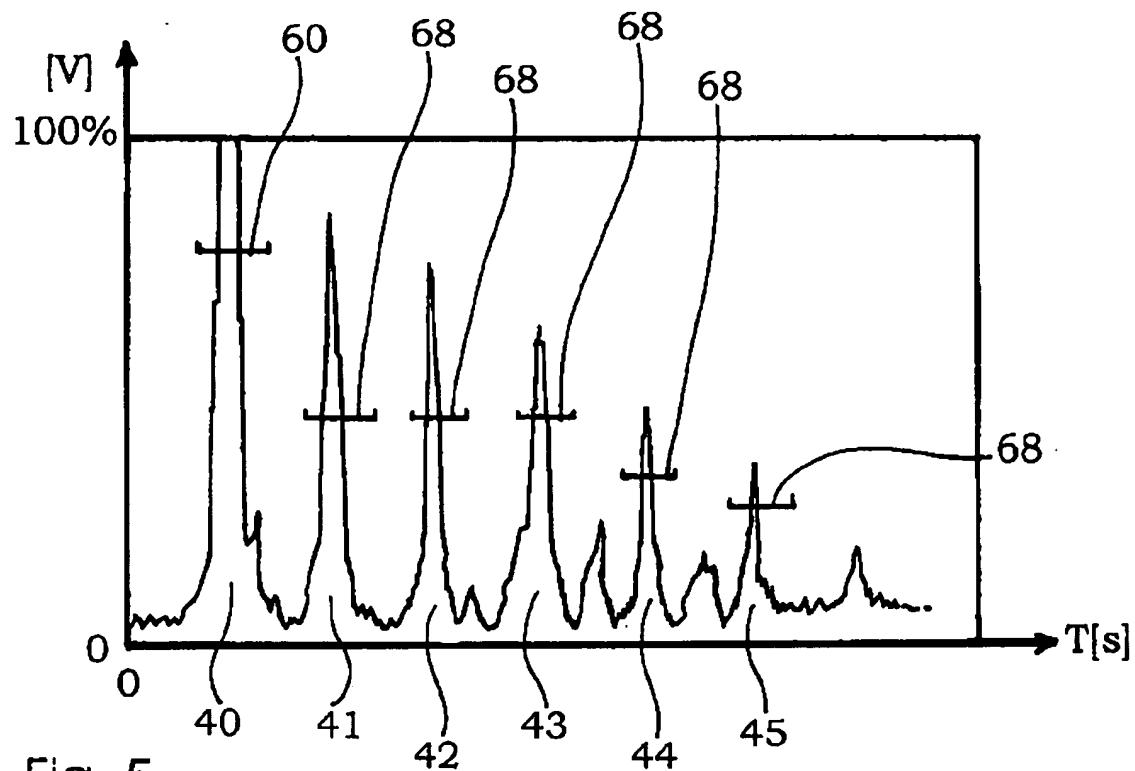


Fig. 5

